Bewegungsspuren in Porphyroblasten krystalliner Schiefer

Von

Dr. Walter Schmidt, Leoben

(Mit 2 Tafeln)

(Vorgelegt in der Sitzung am 2. Mai 1918)

In der Arbeit »Mechanische Probleme der Gebirgsbildung«, Mitt. d. Geol. Ges. Wien, 1915, p. 114, hat der Gefertigte die These aufgestellt, daß Warmdeformation (Deformation mit Krystalloblastese) kein petrographisches Korrelat hat, in dem Sinne, daß bei Warmdeformation die selbständige Umlagerungsmöglichkeit der Moleküle derart groß war, daß sie die mechanische Umlagerung im Gestein unkenntlich macht. Es können daher an einem warmdeformierten Gestein nicht mehr Wege gemessen werden, wie dies bei kaltdeformierten mindestens theoretisch, vielfach aber auch praktisch möglich ist, denn die Wege, welche die Moleküle bei der Umkrystallisation zurücklegten, sind vielfach größer als die Wege der einzelnen Punkte infolge der Differentialbewegung.

Was also zu sehen ist, ist meist nur die Anpassung des Stoffes an die Bewegung, nicht das Resultat dieser selbst.

Es gibt nun Fälle, wo Formeigenschaften eine krystalloblastische Phase überdauert haben, ohne von ihr beeinflußt worden zu sein, solche werden im allgemeinen als Texturrelikte bezeichnet, was schon ausdrückt, daß sie ihre Existenz aus einer früheren Phase herleiten. Solche Relikte können auch Deformationen noch zu unserer Kenntnis bringen, deren übrige Spuren durch Krystalloblastese schon ganz verwischt sind.

Unter diesen Texturrelikten sei hier eine Erscheinung besonders hervorgehoben, nämlich die der Textureinschlüsse in Porphyroblasten und deren Verlagerung.

Diese Erscheinungen sind nicht unbekannt. Vergleiche die diesbezügliche Stelle in »Becke, Fortschritte auf dem Gebiete der Metamorphose«, in »Fortschritte der Mineralogie, Krystallographie, Petrographie«, 1916, p. 218, über die Studien Niggli's »Die Chloritoidschiefer und die sedimentäre Zone am Nordostrande des Gotthardmassives« (Originalarbeit dem Verfasser nicht zugänglich). In den petrographischen Studien Sander's ist auf die Existenz des »*Si*« in Porphyroblasten dessen Verlagerung mit Betonung der tektonischen Bedeutung der Erscheinung sehr oft hingewiesen. Im folgenden soll die Bezeichnungsweise Sander's *Si* für derart in Porphyroblasten aufgenommene Schieferung im Gegensatz zu *Se*, der Schieferung außerhalb, beibehalten werden.

Das Auftreten dieser Texturrelikte (unpassend oft Helizittextur benannt) ist sehr häufig, nichtsdestoweniger soll die ungestörte Aufnahme eines Gefüges in einem Krystall hier einer Untersuchung unterzogen werden.

Ein sich in einem Gestein neu bildendes Mineral muß sich den Platz erst schaffen. Die Wege, auf denen dies geschieht, sind noch sehr wenig bekannt; soviel ist sicher, daß von dem Platze, an denen das neue entsteht, andere verschwinden, um entweder ganz oder zum Teil in den Bestand des neuen einzutreten oder in Lösung zu gehen.

Andere dagegen werden in ihrem Bestande nicht beeinflußt.

Diesen gegenüber kann das neue wieder ein verschiedenes Verhalten zeigen. Es kann in einem Falle die nicht aufsaugbaren Glieder vor sich herschieben, also ihre Textur zerstören. Dies scheint z. B. bei der dunklen Substanz der Pinolite durch die Magnesitrhomboeder geschehen zu sein. Im anderen Falle werden die Fremdlinge vom neuen Krystall ohne Lagenänderung umwachsen, dies ist die Grundlage dieser Art Relikttextur.

Die Aufnahme oder Nichtaufnahme ist eine charakteristische Eigenschaft der in Betracht kommenden Mineralpaare.

Es hat den Anschein, als ob hier die Oberflächenenergie im Spiele sei, analog mit der Fähigkeit zweier Flüssigkeiten, miteinander Emulsionen zu bilden.

Man kann sich das etwa so vorstellen:

Einer Grenzfläche kommt eine gewisse Oberflächenenergie zu. Das Umwachsen eines Krystalles durch einen anderen bedingt zunächst eine Einstülpung, ein zu rasches Wachstum der gemeinsamen Fläche. Ist diese mit bedeutender Oberflächenenergie ausgestattet, so wird vielleicht die Resultierende aus der Oberflächenspannung groß genug sein, um die Reibung des kleineren gegen seine Umgebung aufzuheben, er wird beiseite geschoben. Ist die Oberflächenenergie jedoch gering, so genügt die Oberflächenspannung nicht mehr, um die Reibung zu überwinden, die Einstülpung entwickelt sich immer weiter, bis der eine Körper vom anderen ganz umwachsen ist, ohne daß seine Lage wesentlich verändert wird. (Immerhin sind Lagenänderungen möglich. Man sieht oft, daß die Schieferung in Granaten wesentlich weitere Zwischenräume zeigt als in der Umgebung, so daß es oft den Eindruck macht, der Granat sei auch durch Aufnahme ins Innere gewachsen.)

Es wären also Paare geringer gemeinsamer Oberflächenenergie, die zur Umwachsung kommen.

Das Verhalten der verschiedenen Mineralpaare ist außerordentlich charakteristisch. Quarz zeigt fast nie Einschlüsse, der oft so ähnliche Cordierit umschließt Texturen von Muskovit und Graphit oft mit ausgezeichneter Treue. Albite nehmen Quarz und Muskovitrelikte sehr gerne auf. Schöne Relikttextur aus Quarz konnte in eisenhaltigen Karbonaten der Walchen beobachtet werden.

Bekannt sind die eingeschlossenen Texturen in Querbiotiten, auch Querhornblenden, die durch Quarz, Graphit, auch Zirkon gegeben sind.

Sehr häufig und gerade für unsere Zwecke wichtig sind die Relikte in den Granaten der Granatglimmerschiefer, gebildet durch Quarz, Glimmer und Graphit.

Nach obiger Darstellung sollte das Verhalten der Mineralpaare ein reziprokes sein; wenn z. B. Granat Quarz aufnimmt,

so sollte auch umgekehrt Quarz Granat aufnehmen können. Einschlägige Vorkommen sind dem Gefertigten nicht bekannt, allerdings treffen auch die notwendigen Voraussetzungen selten zu.

Es wird am Schlusse ein Beispiel gebracht, aus dem der Verfasser entnehmen zu können glaubt, daß es nicht bloß auf die zur Berührung kommenden Krystalle, sondern auch auf deren Flächen ankommt.

Auf diese Weise können innerhalb einzelner Porphyroblasten einzelne Texturen Perioden der Krystalloblastese überdauern, ohne durch die Molekülwanderungen erheblich gestört zu sein. Man sollte also an ihnen die Folgen der Deformation auf dieselbe Weise erkennen können, wie es bei kaltgereckten Schiefern der Fall ist. Doch ist dies nicht in dem Maße möglich, wie man es wünschen könnte. Es rührt dies davon her, daß diese Relikte meist nur in einzelnen Individuen erhalten sind, zwischen denen größere Räume liegen, die uns keine derartige Auskunft geben.

Auch ist in dem beschränkten Umfange des Porphyroblasten das Material von dem der Umgebung sehr stark in den Festigkeitseigenschaften verschieden, nicht genug homogen. Etwaige Deformationen des *Si* sind daher nicht gerade so aufzufassen, als ob sie im normalen Gestein vor sich gegangen seien.

Aber gerade der mechanische Gegensatz zwischen Porphyroblasten und der Umgebung, besonders wenn erstere durch gewisse Krystalle von rundlichem Umriß, z. B. Granaten, gegeben sind, liefert ein Mittel an die Hand zur kinetischen Analyse der Deformation, das im folgenden besprochen werden soll.

In der Arbeit »Mechanische Probleme der Gebirgsbildung« hat der Verfasser darauf hingewiesen, daß bei der Deformation nicht bloß das Bild laminarer, sondern auch das turbulenter Strömung auftreten könne.

Letzteres wird nun durch besonders solche Inhomogenitäten begünstigt, wie sie solche Porphyroblasten darstellen. Die Gleitflächen können durch sie nicht so durchsetzen wie durch die Umgebung, so kommt es, daß bei der Deformation die großen

Krystalle Wirbel darstellen. Sie verhalten sich den Gleitflächen gegenüber etwa wie die Kugeln eines Kugellagers gegenüber den Laufbahnen.

Diese Wälzbewegungen verlagern nun auch die in den Porphyroblasten eingeschlossenen Texturen, auf diese Weise kommt die Verlagerung des *Si* zustande. Da diese Wälzbewegung nur eine Funktion der Deformation ist, kann sie zur Darstellung derselben mit Vorteil herangezogen werden.

Wie die eingangs erwähnten Arbeiten darstellen, ist solche Verlagerung des *Si* etwas sehr Häufiges. Man findet es an fast allen Querbiotiten und derartigen Mineralien, häufig auch an Albiten, in ausgezeichneter Ausbildung aber an Granaten, die schon wegen ihrer äußeren Form zur Erzeugung von Wirbeln sich viel besser eignen als z. B. Biotite.

Es soll hier noch darauf hingewiesen werden, daß nicht bloß eingeschlossene Texturen kinematische Schlüsse zulassen, sondern jegliche Art der Abbildung von Textur auf dem Porphyroblasten. Z. B. fand der Verfasser an einem Granaten eines Granatglimmerschiefers Chloritisierung an zwei gegenüberliegenden Stellen, die Azimute derselben verdreht gegen *Se*. Die Vermutung, daß diese Stellen die gewesen seien, an welchen der Granat die Schieferung tangierte, konnte aus zufällig vorhandenem *Si* bestätigt werden.

Untersuchen wir die Möglichkeiten, aus diesen Erscheinungen Schlüsse für die Kinematik der Gesteine zu ziehen.

Die Existenz der Wälzung sagt uns zunächst, daß das Gestein einem Einfluß unterlegen sei, der seinen Symmetriegrad störte. Ein Querschnitt eines krystallisationsschiefrigen Gesteines ist für gewöhnlich ausgezeichnet durch das Vorhandensein zweier aufeinander senkrecht stehender Symmetrieebenen in dem Sinne, daß wir jede irgendwie orientierte gerichtete Eigenschaft auch in der symmetrisch analog gelegenen Richtung in gleicher Wahrscheinlichkeit erwarten können. Ist jedoch verlagertes *Si* vorhanden, so hat der Querschnitt nur mehr eine zweizählige Drehachse.

Wir müssen zur Erklärung ein Prinzip heranziehen, das mit der Existenz der Symmetrieebenen nicht, wohl aber mit der Existenz einer Drehachse verträglich ist.

Als solches Prinzip kommt nur das Gleiten nach unsymmetrischen Gleitflächen, besonders das Gleiten nach einer einzigen Gleitflächenschar in Betracht, homogene Scherdeformation, Differentialbewegung.

Diese Bewegungsform hat im Längsbild keine Symmetrieebene, wohl aber eine zweizählige Drehachse, da die durch die Gleitflächen getrennten Teile entgegengesetzte Bewegungsrichtung zeigen.

Es beweist also verlagertes *Si* zunächst das Wirken einer Differentialbewegung.

Allerdings ist damit noch nicht bewiesen, daß die Schieferungsflächen die Gleitflächen waren, auch wenn diese schräg zu jenen verliefen, würde die Wälzung vor sich gehen.

Wenn es auch im allgemeinen unwahrscheinlich aussieht, daß eine solche Bewegung schräg zur Schieferung eintreten kann, ohne deren straffen Verband zu stören, ist in dieser Beziehung Vorsicht am Platze.

Häufig findet man aber Tatsachen, welche direkt die Lage der Gleitflächen genauer bestimmen.

Oft findet man nämlich Granaten umgeben von länglichen Höfen, die mit grobkörnigem, manchmal sogar stengligem Quarz ausgefüllt sind. Die Struktur weist auf einen Ausfüllungsvorgang eines vielleicht virtuellen Hohlraumes hin.

Die Entstehung des Hohlraumes läßt sich leicht erklären. Denkt man sich die Kugeln eines Kugellagers eingebettet in ein steifes Fett, so wird bei der Bewegung vor und hinter jeder Kugel ein Hohlraum entstehen, da diese nur die Hälfte der Geschwindigkeiten besitzt, die beide Laufringe gegeneinander aufweisen.

Die Längserstreckung dieser Hohlräume wird in der Bewegungsrichtung liegen. Wenn man von diesen Gesichtspunkten aus die besagten Höfe untersucht, so findet man, daß sie immer in der Schieferungsrichtung ihre Hauptlängserstreckung haben, es ist dies ein Beweis, daß in allen diesen Fällen die Schieferungsfläche als Gleitfläche fungiert hat,

Aus diesem Grunde wird im folgenden die Darstellung so gewählt, daß die Schieferungsflächen als Gleitflächen betrachtet werden.

Aus der Existenz des verlagerten *Si* läßt sich ferner auch Auskunft über Richtung und Sinn der Bewegung in der erkannten Gleitfläche gewinnen. Es wird hier Richtung und Sinn einer Differentialbewegung unterschieden, indem als Richtung das Azimut der Bahn in der Gleitfläche definiert wird, entlang deren sich ein Punkt des einen Teiles über den zweiten hinbewegt hat, als Sinn aber die Angabe der Seite in dieser Linie, nach der die Bewegung eines vorher bezeichneten Teiles, z. B. des Hangenden, erfolgte.

Über die Richtung läßt sich aussagen, daß sie senkrecht auf die Drehachse der Porphyroblasten stehen soll. Allerdings können örtliche Unregelmäßigkeiten hier störend mitspielen, weshalb man immer die Untersuchung auf mehrere Fälle ausdehnen sollte.

Es ist das Aufsuchen der Drehachse mit der gewöhnlichen Methode der Dünnschliffe keine leichte Arbeit, da dazu eigentlich eine Unmenge von Schliffen notwendig wäre. Doch tritt man ja an diese Frage selten so ahnungslos heran, daß solche Maßnahmen notwendig wären, meist hat man schon vom Felde her Anhaltspunkte über die wahrscheinliche Lage der Bewegungsrichtung.

Besonders sei darauf hingewiesen, daß Stresserscheinungen in einem oder anderem Sinne mit der Bewegungsrichtung in Zusammenhang stehen dürften. Das Studium der Verlagerungen dürfte gerade geeignet sein, die Entstehungen dieser Erscheinungen zu klären.

Um die Lage der Drehachse ausfindig zu machen, muß man sich vergegenwärtigen, daß Schnitte || derselben keine Divergenz zwischen *Si* und *Se* zeigen können, wie groß auch der Wälzungswinkel immer ist, daß Schnitte normal zu derselben den größten zeigen müssen. Theoretisch würde sich empfehlen, die ersteren Schnitte aufzusuchen, da hier bei einem geringen Fehler der Wahl der Schnittfläche der Winkel merklich wächst, während bei Schnitten annähernd normal zur Drehachse die Divergenzen zwischen *Si* und *Se* sich

nur langsam mit dem Azimute des Schnittes ändern. Man ersieht dies am besten daraus, daß im Falle einer Verlagerung um 90 Grade nur ein einziger Schnitt, der durch die Drehachse *Si* und *Se* || hat, alle anderen aber den Winkel 90 Grad zeigen.

Immerhin hat dieser Weg Schwierigkeiten, die besonders durch die Schliffbeschaffung bedingt sind. Der Verfasser hat daher versucht, die ersten orientierenden Untersuchungen nicht an Dünnschliffen, sondern an Anschliffen vorzunehmen, die viel leichter zu beschaffen sind, hat dabei recht gute Erfolge gehabt, besonders wenn es sich um *Si* aus Quarz und Glimmer in Granaten handelte. Durch Ätz- und Färbemethoden konnten zum Teil recht klare Bilder erhalten werden.

Der Sinn der Differentialbewegung ist übereinstimmend mit dem Sinne der Verdrehung des *Si*.

Wenn das *Si* unstetig gegen das *Se* abgegrenzt wäre, könnte eine Aussage über den Verdrehungssinn nicht gemacht werden, da dieselbe Endlage durch Drehung sowohl in einem wie in anderem Sinne erreicht werden kann.

Zum Glück ist dieser Fall selten vertreten, meist kann *Se* stetig in das *Si* verfolgt werden, wodurch obige Zweifel über den Verdrehungssinn in den meisten Fällen nicht auftreten können.

Wenn der Sinn der Verlagerung wirklich mit dem der Differentialbewegung zusammenhängt, dann muß die Forderung erfüllt sein, daß alle *Si* in einem Bewegungsbereiche, also mindestens in demselben Schliffe denselben Verdrehungssinn gegen das *Se* aufweisen. Diese Forderung ist in der Natur derart streng erfüllt, daß dem Verfasser keine Ausnahmen bekannt sind.

Aus der Größe des Wälzungswinkels kann man ferner auf die Größe der Differentialbewegung auf das Ausmaß der Relativverschiebung schließen.

Es sind hier mehrere Fälle zu unterscheiden:

Der erste ist der, daß der Krystall schon fertig war, als die Bewegung einsetzte. Dann ist das *Si* unstetig gegen die

Umgebung abgegrenzt. Dieser Fall gleicht am meisten dem Falle des Kugellagers, die den Krystall tangierenden Gleitflächen würden die Laufringe darstellen. Die Größe der durchlaufenen Differentialverschiebung, $ds|dy$ (Verschiebung, die zwei voneinander um die Einheit abstehende Gleitflächen gegeneinander erlitten haben), ist gleich dem Wälzungswinkel des Krystalles im Bogenmaße oder

$$\frac{\alpha \pi}{180} + n\pi$$

(α in Graden). Das $n\pi$ soll darauf hinweisen, daß in diesem Falle Zweifel bestehen könnten, ob nicht dieselbe Endstellung durch eine um eine ganze Zahl mal 180 Graden größere Drehung erreicht wurde. Doch kommt man, wie oben dargelegt, nur selten in die Lage, solche Zweifel zu hegen.

Nun weicht aber der Bewegungszustand eines solchen Porphyroblasten insofern von dem einer Laufkugel ab, als letztere die Laufringe nur in zwei Punkten berührt, ersterer aber ringsum vom Gestein umschlossen ist.

Er wird also jedenfalls dadurch auf eine nicht näher kontrollierbare Weise gebremst worden sein. Es ist daher wichtig zu wissen, daß die auf diese Weise gefundenen Ausmaße der Differentialbewegungen jedenfalls Minimalwerte darstellen.

Dieser einfachste Fall tritt vergleichsweise sehr selten auf.

Bedeutend häufiger ist der, daß das *Si* nicht geradlinig verläuft, sondern eine *S*-Kurve bildet, derart, daß es im Zentrum des Krystalls den größten Winkel mit *Se* bildet, gegen den Rand immer mehr letzterem || wird und ganz außen ohne Divergenz stetig in letzteres übergeht.

Es ist diese Erscheinung wohl darauf zurückzuführen, daß der Krystall noch während der Differentialbewegung weiterwuchs. Dann haben die inneren Teile länger an der Drehung teilgenommen als die äußeren, sind also weiter verdreht als diese. (Durch diesen stetigen Aneinanderschluß ist man eben meist außer jedem Zweifel über Sinn und Anzahl der Umdrehungen.) Dieser Typus kommt nicht nur bei Granaten häufig vor, sondern bildet bei Querbiotiten geradezu die

Regel. Es sei hier ausdrücklich darauf hingewiesen, daß solche Porphyroblasten so häufig die Zeichen der mit ihrer Entstehung gleichzeitigen Durchbewegung des Gesteins an sich tragen, daß die Annahme eines ursächlichen Zusammenhanges naheliegt.

Für die Auswertung dieser Erscheinungsformen für die Bestimmung der Größe der Bewegung kommt die Verdrehung im Zentrum in Betracht. Doch sind hier wieder zwei Fälle zu unterscheiden.

Im ersten sieht man, daß der Krystall die Schieferung *Se* nicht gestört hat, diese verläuft vollkommen ebenflächig. Fig. 1. Unter Zugrundelegung der Hypothese, daß die Schieferungsflächen Gleitflächen darstellen, würde der Krystall im Laufe seines Wachstums an immer weiter voneinander abstehende Gleitflächen tangiert haben, an Gleitflächen, deren Geschwindigkeitsunterschied immer wächst. Seine Umfangsgeschwindigkeit wächst wie sein Radius. Der Winkelwert dieser Umfangsgeschwindigkeit nimmt aber wiederum wie der Radius ab, so daß schließlich das Wachstum auf den Wälzungswinkel keinen Einfluß hat.

Es kann hier also mit derselben Formel die Differentialbewegung errechnet werden wie früher und auch hier gilt der Satz, daß die errechneten Werte Minimalwerte darstellen.

Besonders dann, wenn die Porphyroblasten, Granaten, groß sind, tritt der zweite Fall auf, daß sie die Gleitflächen, Schieferungsflächen verdrängt haben. Vgl. Fig. 2.

Dann tangiert der Krystall während seines Wachstums immer an denselben Gleitflächen, seine Umfangsgeschwindigkeit bleibt der Geschwindigkeit jener gleich, er bildet diese aber wegen der Zunahme seines Radius durch immer kleinere Verdrehungen ab. Es sind daher hier die nach obiger Formel errechneten Werte in viel größerem Maße Minimalwert als früher.

Die so zur Messung kommenden Verschiebungen stellen im allgemeinen die Komponente der Relativverschiebung in der Schliffebene dar, man muß daher achten, daß die Schliffe für diese Zwecke wirklich in der Bewegungsrichtung zu legen sind, um möglichst richtige Werte zu erhalten.

Es könnte das Gewicht dieser Untersuchungen als gering erscheinen, doch zeigen die aus verschiedenen Porphyroblasten desselben Schliffes errechneten Werte immerhin eine derartige Übereinstimmung, daß man mit den Ergebnissen zufrieden sein kann.

An den Beispielen wird gezeigt, daß die auf diese Weise errechneten Werte recht bedeutend sein können, Werte für die Relativverschiebung von drei sind keine Seltenheit. Beachtet man die Minimalnatur dieser Werte und stellt man sich vor, daß sie bedeuten: Seit der Entstehung der Porphyroblasten haben sich zwei um 100 *m* voneinander abstehende Schichtflächen um mindestens 300 *m*, vielleicht auch 600 *m* gegeneinander verschoben, so sieht man, daß diese Ergebnisse für die Tektonik von wesentlicher Bedeutung werden können.

Wenn das Wachstum des Porphyroblasten während der Deformation erfolgte, erhalten wir in gewissem Maße Aufschluß über die Geschwindigkeiten der Bewegung.

Die *S*-Kurve des *Si* kommt ja dadurch zustande, daß die äußeren Teile weniger lang dem »Wirbel« angehören als die inneren, sich daher noch nicht um so große Winkelwerte gedreht haben.

Die Form der Kurve ist daher eine Funktion aus Wachstumsgeschwindigkeit und Winkelgeschwindigkeit des Krystalls, letztere eine Funktion der Differentialgeschwindigkeit. Die Wachstumsgeschwindigkeit läßt sich nun unter gewissen Voraussetzungen als Zeitfunktion darstellen. So wäre es möglich, aus der Form der Kurve Angaben über Geschwindigkeitsverhältnisse der Durchbewegung, allerdings nicht absoluter Art zu erhalten.

Der Verfasser hat versucht, eine derartige Kurve für konstante Relativgeschwindigkeiten unter der Annahme zu konstruieren, daß der Krystall in gleichen Zeiten um gleiche Volumina wachse. Er hat Formen erhalten, die in den zentralen Partien den in Natura vorkommenden Formen sehr nahekommen.

Für die peripherischen Teile fanden sich aber große Abweichungen. Er führt sie darauf zurück, daß der Wirbel nicht

auf den Krystall selbst beschränkt ist, daß auch periphere Teile an der Drehbewegung in verringertem Maße teilnehmen.

Immerhin können, wenn auch nicht quantitative so doch qualitative Resultate erhalten werden. Eine jede unstetige Änderung eines der beiden Faktoren, Differentialgeschwindigkeit und Wachstumsgeschwindigkeit, muß sich durch Knicke in der Kurve des *Si* markieren. Man kann annehmen, daß eine unstetige Änderung der Wachstumsgeschwindigkeit kaum eintreten kann, ohne sich auch anderweitig, durch Zonenbau und dergleichen zu markieren. Man wird daher aus solchen Knicken mit Recht auf Unstetigkeiten in der Geschwindigkeit der Differentialbewegung schließen. Ein diesbezügliches Beispiel ist im Folgenden gegeben.

Die große Häufigkeit der *S*-Formen des *Si* besagt übrigens etwas sehr Wichtiges für die theoretische Tektonik, nämlich: In den meisten Fällen war die Dauer des Deformationsaktes von ähnlicher Größe wie die des Wachstums von Porphyroblasten. Es ist allerdings wieder eine Ansichtssache, welchen Zeitraum man dem letzteren zubilligt, kaum aber wird er einen katastrophalen Charakter haben, damit ist auch die entsprechende gebirgsbildende Bewegung aus dem Bereiche der katastrophalen Ereignisse entrückt.

Es berechtigt diese Erkenntnisse die von dem Gefertigten in der eingangs zitierten Arbeit ausgesprochene Ansicht, daß man die meisten Gebirgsbildungen als Vorgänge betrachten kann, die sich von mechanischen Gleichgewichtszuständen nur um so geringe Größen unterscheiden, daß man letztere vernachlässigen kann, daß z. B. Beschleunigungen, lebendige Kräfte nicht in Rechnung gesetzt werden müssen.

Diese Studie schließt sich den Bestrebungen der eingangs zitierten Autoren an, Erkenntnisse aus mikroskopisch erkannten Gefügedetails auf Schlußfolgerungen bezüglich der Großvorgänge der Tektonik zu verwerten. Der Gefertigte

möchte hier aber einer Forderung Ausdruck geben, die unbedingt erfüllt sein muß, um solche Schlußfolgerungen mit Nutzen ziehen zu können. Die zum Studium gelangenden Schliffe müssen zu Gebirgsbau orientierbar sein.

Die Erfüllung dieser Forderung bringt zwar eine Menge Erschwerungen im Sammeln sowohl wie in der Herstellung der Schliffe, doch ist der Verfasser der Ansicht, daß sich diese Mühewaltung stets lohnen wird.

Im folgenden werden einige Beispiele gebracht, welche als Erläuterungen zu den vorhergehenden Untersuchungen dienen sollen. Das Material stammt aus der Sammlung von Dünnschliffen alpiner Krystalliner Schiefer des Mineralogisch-Petrographischen Institutes der k. k. Universität Wien, für deren Überlassung der Verfasser Herrn Hofrat Becke seinen Dank ausspricht.

Becke, 636, Pfitscher Joch. Fig. 1.

Mineralbestand:

Quarz, Muskovit, Biotit, Graphit, Granat.

Gefüge:

Sehr schöner Lagenbau, hauptsächlich gegeben durch langgestreckte Biotitlamellen. In ihnen ist Querstellung nicht gerade selten, ohne daß diese Querbiotite von der äußeren Form und Lage der anderen wesentlich abwichen.

Dazwischen ein sehr feinkörniges Quarz-Muskovitgeflecht, Quarze, langgestreckt, wenig undulös. Der Muskovit ist sehr feinschuppig, vereinigt sich gern zu Zügen, ist dann der Hauptträger des Graphits.

Eingestreut sind kleine, sehr schön krystallographisch ausgebildete Granatidioblasten in großer Anzahl, die bei ihrem Wachstum auf Quarz und Muskovit lösend und nicht verdrängend gewirkt haben. Nur an Biotit sind, aber selten, Verdrängungserscheinungen zu beobachten.

Diese Granaten zeigen *Si* in mehrerer Weise.

Erstens einmal durch Züge von Quarzkörnern, meist im Kerne.

Diese haben meist längliche Gestalt und scheinen an den Ecken abgerundet, wohl durch Korrosion.

Das *Si* ist *S*-förmig verbogen, deutet also auf Fortdauer der Deformation während des Granatwachstums hin.

Verdrehung maximal 173°, entspricht also einem $ds|dy = 3 \cdot 04$ seit dem Beginne des Granatwachstums.

Außerdem findet man noch *Si* durch Aufnahme von graphitischer Substanz gegeben, die eigenartige Form zeigt. Es hat die Form dunkler Schwänze, die nahe am Kern beginnen, im selben Sinne gekrümmt sind wie die Quarzrelikte und an jener Stelle enden, wo der Granat die Schieferung tangiert.

Man kann annehmen, daß die Graphitaufnahme nur dort erfolgte, wo die Graphitblättchen dem Granatumfange || waren, daß also nur die Oberflächenspannung Graphitspaltfläche-granat eine derartige Größe hatte, daß Aufnahme erfolgen konnte.

Man sieht auch, daß die Aufnahme nur an den Granathauptflächen (Dodekaederflächen?) erfolgen konnte, jede Kante ist durch einen einschlußfreien Streifen markiert.

Verdrehung des Beginnes der Graphitschwänze gegen die jetzige Tangierungsstelle zirka 155° entspricht einem $ds|dy = 2 \cdot 70$.

Sehr schön ist an dem Schliffe die gleichsinnige Verdrehung aller Idioblasten zu beobachten.

Von diesem Schliffe wurden Diagramme der Orientierungshäufigkeiten von Biotit und Quarz angefertigt.[1]

Bezüglich des Biotitdiagrammes muß bemerkt werden, daß wohl alle Querbiotite vermessen wurden, daß dies aber nicht für alle normal liegenden durchführbar war. Es ist also das Verhältnis dieser beiden nicht richtig zur Darstellung gekommen. Jedenfalls aber zeigt es vollkommen richtig, daß für die Querbiotite ein ausgesprochenes enges Maximum vorhanden ist. Dieses weicht von der Schieferung im selben Sinne ab, in dem die Granaten verdreht sind.

Das Diagramm für Quarz *i* zeigt unruhige Form, ein breites nicht hohes Maximum, das durch ein sekundäres Minimum gespalten ist.

---

[1] Vgl. Sitzungsberichte d. Akad. d. Wiss., mathem.-naturw. Kl., Abt. I, 126. Bd., 6. und 7. Heft 1917, W. Schmidt: Statistische Methoden beim Gefügestudium krystalliner Schiefer.

Auch dieses Maximum, das sonst meist in der Schieferungsebene gelegen ist, ist hier im Sinne der Verlagerung des *Si* verdreht.

Becke, 38, Roßkar, Zemmgrund, Fig.

Mineralbestand:

Quarz, Oligoklas-Andesin in Nestern, Muskovit, Biotit, Granat. Gefüge gegeben durch den Wechsel von glimmerreichen und glimmerarmen Lagen. Schieferung durch die Glimmer- und Plattenform der Quarze.

Nur spärlich Querbiotite, Schieferung etwas gewellt.

Schieferung im wesentlichen Krystallisationsschieferung. Quarze zeigen nur selten Anzeichen undulöser Auslöschung.

Granatporphyroblasten wuchsen unter teilweiser Verdrängung der Nachbarminerale. Ein im Schliffe durchschnittener von zirka 6 *mm* Durchmesser zeigt sehr schönes *Si*, gegeben durch reihenförmige Quarzeinschlüsse, von denen insbesondere die äußeren Partien siebartig durchlöchert sind, nebenbei bildet auch noch opake Substanz *Si*.

Diese Relikttextur ist nun verlagert, und zwar zeigt es deutlich, daß die Deformation nicht stetig vor sich ging, sondern in einigen Phasen. Es schließen sich nämlich an ein ziemlich geradliniges Stück im Kern nach außen mit ziemlich scharfen Knicken wieder geradlinige Schenkel an, die erst in der äußersten Hülle zurückgebogen sind.

Der Verdrehungswinkel für *Si* in Kern ist 183°, für die Schenkel 116°.

Es ergibt sich daraus folgendes für die Geschichte des Gesteines:

1. Phase Granatwachstum ohne Deformation, 2. Phase Deformation mit Wälzung um 67° entsprechend einer Relativverschiebung von 1·17, 3. Phase Wachstum des Granaten ohne Deformation, 4. Phase Deformation mit Wälzung um 116°, Relativverschiebung 2·06.

Totale Verdrehung 183°. Relativverschiebung seit der Granatbildung 3·2.

Die Dauer der Deformationen im Verhältnis zu den Ruhepausen kann aus dem Verhältnis der gekrümmten Teile des *Si* zu den geraden erschlossen werden.

Das Diagramm des Quarzgefüges zeigt eine ziemlich gute, aber asymmetrische Regelung.

Auffallend ist aber, daß das Häufigkeitsmaximum für Quarz α' nicht wie sonst in der Schieferung liegt. Das Mittel aus den frequentiertesten Azimuten hat ziemlich gut die Lage des *Si* in den äußeren Partien des Granaten. Es liegt die Hypothese ziemlich nahe, daß die Gefügeregelung bei der ersten Deformationsphase entstanden sei, dann durch die 2. Phase in ähnlicher Art verlagert wurde wie das *Si* der Granaten. (Daß aber Verlagerung des *Si* in Idioblasten nicht immer mit verdrehter Orientierung der Quarze verbunden sei, konnte an anderen Beispielen ersehen werden.)

Becke 1323. Moharscharte W.

Anscheinend eine tektonische Mischfacies mit Lagen eines Quarzites wechselnd mit einem Serizit-Albitschiefer.

Der Quarzit besteht aus unregelmäßig verzahnten Quarzen mit regellos eingestreuten kleinen Muskoviten. Einzelne zusammenhängende Lagen Muskovit führen Albit und scheinen aus der anderen Komponente zu stammen.

Der andere Anteil besteht hauptsächlich aus Muskovit. Eingelagert große Albitporphyroblasten mit unregelmäßig gelappter Umgrenzung.

Besonders in der Nähe der Albite tritt Chlorit auf. Wenig Quarz.

Ein ziemlich stark licht und mittel doppelbrechendes Mineral tritt in langen Säulen auf. In einem deltoidartigen Querschnitt zeigt sich eine Verzwillingung. Winkel zwischen γ Zwillingsnaht 33 und 42°. Erzeugt starke pleochroitische Höfe. Orthit.

Sehr häufig Turmalin.

Nur in den Albiten zu sehen sind sehr feine, fast farblose Nadeln eines sehr stark lichtbrechenden Minerals. α' normal zur Hauptzone Rutil?

Reichlich opakes Erz.

Das Gefüge des Serizit-Albitschiefers ist gegeben durch eine intensive Kaltdeformation.

Stellenweise sind die Serizitlagen in enge Kniefalten gelegt. Anderwärts zeigt sich, daß in lang linsenförmigen

Lagen alle Muskovite normal auf die Schieferung gestellt sind.

In diesem Schliff finden wir *Si* in den Albiten, u. zw. dargestellt durch das oben erwähnte nadelige Mineral.

Im einfachsten Fall weicht die Erscheinung von der bekannten in den Granaten nicht ab. In den in der Schieferung länglichen Albiten findet sich die Relikttextur in *S*-Form, wobei sich die »Schwänze« an die jetzige Oberfläche der Albite anschmiegen. Daher: Stetige Verdrehung während der Albitbildung, Wälzungswinkel etwa 94°, Relativverschiebung 1·64.

(An einem Schnitt konnte festgestellt werden, daß die Fläche der Relikttextur schräg zur Schnittfläche stand.)

Komplizierter sind Verhältnisse im Schliffe 2.

Fig. 3 zeigt eine Gruppe von Albiten daraus.

Diese zeigen längliche Gestalt, stehen aber normal zur Schieferung.

Ihre Relikttextur zerfällt in zwei Teile, in ihrer Mittelzone sieht man fast dasselbe Bild wie früher, die *S*-Form mit den beiden langausgezogenen Schwänzen. Die Stellung dieser Kurve ist aber um 90° gegen die natürliche Lage verdreht.

In den seitlich anschließenden Teilen der Albite sieht man wieder Relikttextur, deren Lage beiläufig der Schieferung *Se* entspricht, allerdings etwas im verkehrten Sinne verbogen ist wie *Si* im Innern.

Daraus lassen sich folgende Phasen erschließen:

I. Bildung von plattenförmigem Albit unter stetiger Verdrehung um 90°. Relativverschiebung 1·57. Die Albite waren durch die Linien der Schwänze begrenzt.

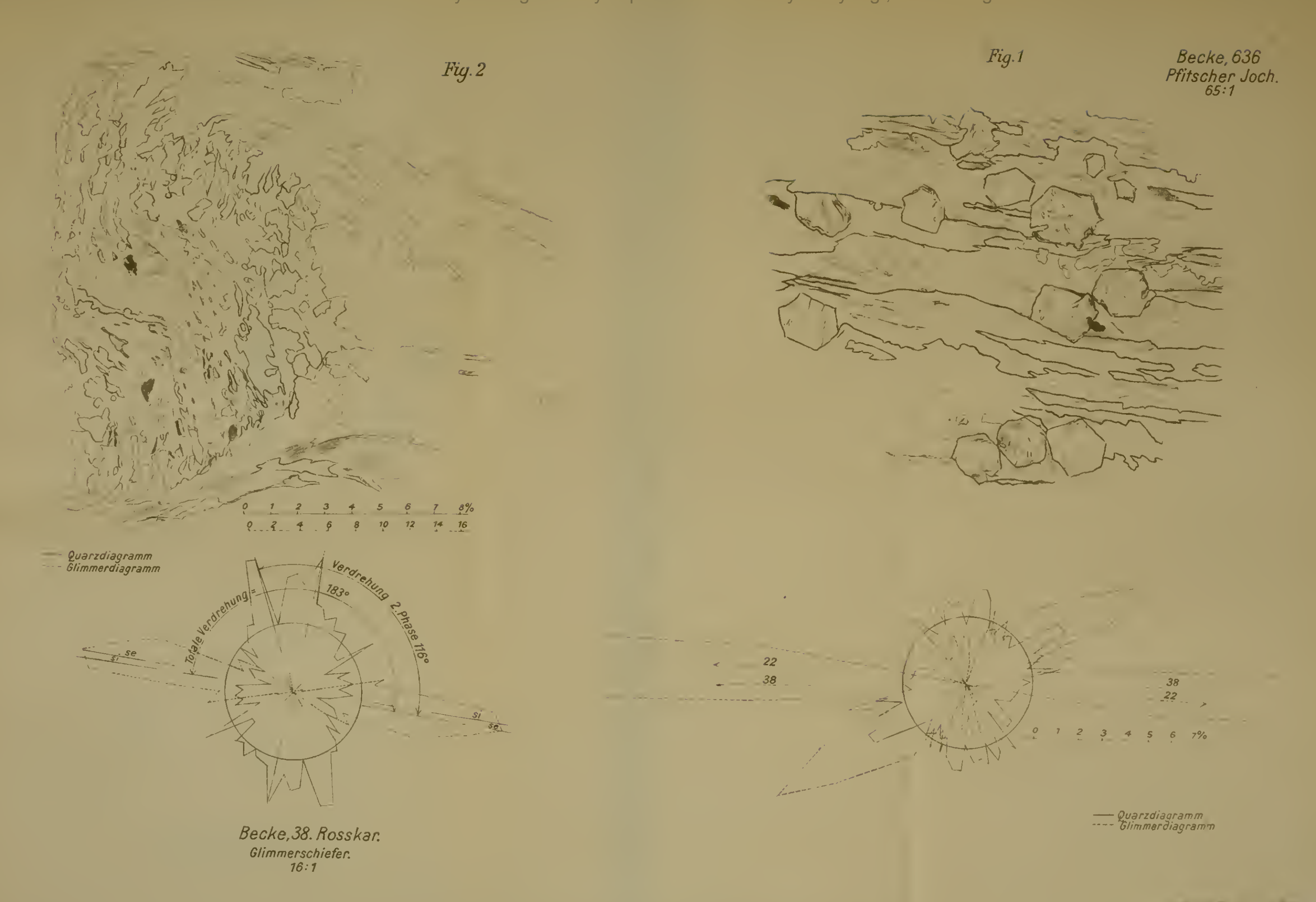
II. Unstetige Verdrehung um 89°. Relativverschiebung 1·56. (Bei dieser Verdrehung wurden die Muskovite an den Ecken des Porphyroblasten verdrückt.)

III. Weiterwachsen der Albite unter Aufnahme von Relikttextur und leichter Rückdrehung. (Dieses Weiterwachsen geschah hauptsächlich in der Richtung *Se*. Einfluß der besseren

Wegsamkeit. Sander, Albitisation, Jahrb. d. Geol. Reichsanstalt 1915, p. 593.)

Totale Verdrehung der Phasen I und II 179°, Relativverschiebung 3·13.

In einem 3. Beispiel findet man wieder die erste Phase, auch die Phase III des Fortwachsens unter Rückdrehung ist noch vorhanden, Phase II fehlt aber. Fig. 4.



Becke, 38. Rosskar.
Glimmerschiefer.
16:1



Becke 1323.
Mohar Scharte W.
67 : 1

Lith. Anst. Th. Bannwarth, Wien.